UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

GLÄTTE VON KLEIDERSTOFFEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

KGL. BAYER. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

VORGELEGT VON

MARGARETE RÄNTSCH
AUS BERLIN.

WÜRZBURG.
KGL. UNIVERSITÄTSDRUCKEREI VON H. STÜRTZ.
1907.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der k. Universität Würzburg.

Referent: PROFESSOR Dr. LEHMANN.

In seinen „Vergleichenden Untersuchungen über die hygienischen und technischen Eigenschaften glatter weisser Leinwand- und Baumwollgewebe“ hatte Professor K. B. Lehmann zur Bestimmung der Stoffglätte folgende Methode angewandt: 1 m lange, 12 cm breite Streifen wurden gleichmässig straff, horizontal über eine glatte Pappunterlage gespannt. Dann wurde das Gewicht ermittelt, welches nötig war, um einen glattgehobelten Holzklotz aus Buchenholz (Längskante 23 cm, Kanten des quadratischen Querschnittes 7,3 cm, Gewicht 710 g) auf diesen Längsstreifen in Bewegung zu setzen. Die Versuche wurden so ausgeführt, dass von dem Holzklotz eine Schnur horizontal über Rollen geführt wurde, die an ihren Enden eine Wagschale trug, in welche behutsam so lange Gewichte gelegt wurden, bis sich der Klotz in Bewegung setzte und ohne längeres Anhalten langsam die ganze Strecke durchlief.

In zwei weiteren Versuchsreihen wurde

1. der Buchenklotz noch mit $^1/_2$ kg Gewicht beschwert und
2. durch einen viel leichteren von Silberpappelholz (Gewicht 265 g) ersetzt.

Als Resultat der Versuche ergab sich ein Glätteverhältnis von Leinwand zu Baumwolle wie 100 : 130.

Die allgemeine Brauchbarkeit dieser Methode zur Bestimmung der Glätte der Kleidungsstoffe wurde später Professor Lehmann wieder zweifelhaft, und er veranlasste mich, weitere Versuche mit sehr verschiedenartigen Kleidungsstoffen anzustellen.

Die Versuchsanordnung blieb die oben geschilderte; doch wurde noch eine viel geringere Belastung (ein 43 g schweres „Brettchen“ von gleicher Grundfläche wie die Klötze) und eine stärkere von 1710 g (durch Beschwerung des Buchenklotzes mit 1 kg) hinzugefügt, so dass die Untersuchung eines Stoffes in je 5 Reihen vorgenommen wurde.

Die untersuchten Stoffe sind: Baumwollflanell, Wollflanell, Cheviot (harter, dünner Damenwollstoff), Satin (weicher Damenwollstoff), Militärtuch, wollener harter Herrenstoff, Wolltrikot, Baumwollsamt (Velvet), Seidenbaumwollkrepp, kleingemusterte rauhe Seide, Taft, Duchesse (atlasähnlicher Seidenstoff), zwei Seidenplüsche, die mit A und B bezeichnet werden sollen), Stramin, Kongressstoff (weniger appretierter, feinmaschiger Stramin). Die Versuchsergebnisse werden in Tabelle I pag. 10 mitgeteilt. Die Zahlen sind Mittel aus ungefähr vier Bestimmungen.

In Tabelle II pag. 11 sind die gleichen Stoffe noch einmal mit ihren Zugkraftwerten bei maximaler und minimaler Belastung zusammengestellt und zwar sind sie diesmal nach ihrer Komprimierbarkeit geordnet.

Die Komprimierbarkeit wurde mit der „Schubleere“ festgestellt. Der eine Schenkel eines metallenen rechten Winkels trägt Millimetereinteilung. Auf dieser ist, dem zweiten Schenkel parallel, ein Stab verschieblich und durch eine Schraube feststellbar. Der Stoff kann also zwischen den beiden Parallelstäben komprimiert werden. Das Verhältnis der vor und nach der Kompression an der Millimetereinteilung abgelesenen Zahlen gibt die Komprimierbarkeit des Stoffes an.

Es wurden immer 10—20 Schichten des Stoffes aufeinandergelegt und ihre Dicke erst bei leichtem Andrücken bestimmt; dann die Dicke der Schichten bei maximaler Kompression, wie sie zwischen Finger und Daumen ausgeführt werden konnte. Die so erhaltenen Zahlen machen nicht den Anspruch absoluter Richtigkeit — für unsere Zwecke waren die relativen Werte ausreichend.

In einer späteren Versuchsreihe wurde die Grösse der reibenden Fläche durch folgende Anordnung verkleinert: Die bisherigen Stoffstreifen wurden glatt auf zwei Holzlatten gespannt, die 4,8 cm von einander entfernt waren. Eine den Schienen parallele Schnur hielt die Mitte des Streifens von der Berührung mit dem Reibeklotz ab. Da die Breite der Klötze 7,3 cm betrug, so wurde die Breite der berührenden Fläche damit um 2,5 cm geringer — die Grösse der berührenden Fläche betrug nur ein Drittel wie bei den ursprünglichen Versuchen. Im übrigen blieb die Belastung und die ganze sonstige Anordnung dieses zweiten Versuches die gleiche wie beim ersten.

Der Gedanke, der uns bei dieser Versuchsanordnung leitete, war der: Im Gegensatz zum Coulombschen für glatte Flächen aufgestellten Gesetz, das die Unabhängigkeit des Reibungswiderstandes von der Grösse der Berührungsflächen ausspricht, erwarteten wir bei den extrem unregelmässig gestalteten Oberflächen unseres Untersuchungsmaterials eine Abnahme der aufzuwendenden Zugkraft bei Verkleinerung der Berührungsfläche.

Bevor wir die Zahlenwerte unserer Untersuchungen mitteilen, wenden wir uns zu einigen prinzipiellen Erörterungen über die Eigenschaften der Stoffe, von denen das Glättegefühl unserer Finger und die Glättewerte des Apparates abhängen.

Für die Empfindung der Finger gelten folgende Betrachtungen:

Zunächst sind die Einzelfasern von sehr verschiedener Oberflächenbeschaffenheit. Die Seide ist glasartig glatt, auch die Leinenfaser zeigt keine sichtbaren Unebenheiten. Die Baumwollfaser ist durch den rauhen Kutikularüberzug gekörnt, gestrichelt und bei dem Wollhaar reiht sich Epidermisschüppchen an Epidermisschüppchen. Ein Wollstoff ist für unseren Finger rauher als ein Baumwollstoff, dieser wieder wird durch die Glätte des Seidenstoffes übertroffen.

Wir können also unsere Rauhigkeits- resp. Glätteempfindungen von dem Charakter des Grundmaterials abhängig annehmen.

Das Rauhigkeitsgefühl wird aber nicht allein durch die Unebenheiten der einzelnen Faser bedingt.

Alles was das Gewebe dem Finger kontinuierlich erscheinen lässt, bedingt den Eindruck von Glätte, jede Art Diskontinuität den Eindruck der Rauhigkeit.

Die Woll-, Baumwoll- oder Seidenfaser als Ganzes kann als mehr oder minder starres Haar von der Grundfläche des Gewebes abstehen. Sie bietet dem tastenden Finger einen gewissen Widerstand, das Gefühl feinster Diskontinuität des Gewebes. Je häufiger ein solcher Widerstand aufragt, um so ausgesprochener wird das Rauhigkeitsgefühl sein und wir glauben im allgemeinen den Satz aussprechen zu dürfen: Je stärker die Behaarung des Gewebes ist, um so grösser ist das Rauhigkeitsgefühl.

Die verschiedenen Glättewerte unseres Gefühls bei Stoffen gleichen Grundmaterials wie z. B. bei Cheviot und Satin wären darnach verständlich.

Andererseits erscheint aber der Baumwollsamt, der doch mit unzähligen Härchen bedeckt ist, unserem Finger glatter als der Baumwollflanell, während das Gegenteil erwartet werden müsste. Ein Widerspruch zwischen Theorie und Praxis scheint vorhanden.

Wir wollen versuchen, diesen Widerspruch aufzuklären. Die Härchen des Samt sind so zahlreich, stehen so dicht, dass sie von unseren Tastkörpern nicht mehr getrennt wahrgenommen werden können. Der Samt erscheint unseren Fingern ein homogener Stoff — die Behaarung des Gewebes, als Rauhigkeitsursache fällt somit in diesem Fall für unser Gefühl fort.

Die gleiche Erklärung gilt für die Tatsache, dass Seidenplüsche uns ausnehmend glatt erscheinen — trotz ihrer unzähligen Seidenhärchen.

Eine von der Behaarung verschiedene Diskontinuität ist in einer besonderen Webart des Stoffes zu suchen, die die einzelnen Fäden nicht homogen verfilzt, sondern sie deutlich von einander erkennbar lässt. Das Vorhandensein von Lücken oder ausgesprochenen Niveaudifferenzen im Gewebe muss das Gefühl der Rauhigkeit erregen; denn immer wieder fällt der tastende Finger in diese Lücken hinein, immer wieder muss er den Wechsel von Stoff und Luft, starkem Druck und fehlenden Druck empfinden, der, vom Charakter des Stoffmaterials ganz abgesehen, ein Kontinuitätsgefühl nicht aufkommen lässt.

Das Rauhigkeitsgefühl, das Stramin in stärkstem Masse, Kongressstoff etwas weniger ausgeprägt herverruft, ist durch die schon grob sichtbare Diskontinuität ihres Gewebes verursacht — denn bei dem glatten fest appretierten Faden des Stramin können die Härchen der Baumwolle gar keinen, beim weniger appretierten Kongressstoff nur einen minimalen Einfluss ausüben!

Neben der Verschiedenartigkeit des Grundmaterials, der feineren Diskontinuität oder Behaarung und der gröberen Diskontinuität, die durch die Webart bedingt ist, gewinnt ein vierter Faktor für die Glätteeinschätzung unseres Gefühls

Bedeutung: Die Komprimierbarkeit, d. h. die Weichheit des Stoffes.

Für das Gefühl der Glätte spielt die Weichheit eine unzweifelhaft fördernde Rolle.

Ein dem Fingerdruck leicht nachgebender Stoff wird in höherem Grade das Gefühl der Kontinuität, d. h. der Glätte hervorbringen, als ein harter, starrer.

So erscheinen dem Finger die weichen, nachgebenden Plüschstoffe, das weiche Gewebe des Duchessestoffes unzweifelhaft glatter als der harte Taft — und der starre Cheviot erregt ein stärkeres Rauhigkeitsgefühl als der weiche Flanell.

Wie werden sich nun die Glättewerte des Apparates zu den verschiedenen, die Glättewerte des Gefühls beeinflussenden Ursachen verhalten?

Der Charakter des Grundmaterials wird für die Werte des Apparates in gleichem Sinne wirksam sein wie für die Werte des Tastsinnes. Der homogene Seidenfaden bietet eine idealere Gleitfläche als der Baumwoll- oder Wollfaden; bei diesen muss eine Anzahl kleinster Widerstände überwunden werden, die natürlich eine Verstärkung der Zugkräfte nötig machen.

Wir kommen demnach zu der Annahme:

Die Glättewerte des Apparates werden in gleicher Weise vom Grundmaterial beeinflusst wie die Gefühlswerte.

Wenden wir uns zu der Bedeutung der feineren Diskontinuität, der Behaarung für den Apparat. Jedes emporstehende Haar wird auf die Fortbewegung des Klotzes wie eine Bremskraft wirken — jedes einzelne muss niedergedrückt und überwunden werden: Je grösser die Zahl der Haare ist, um so grösser müssen die Zugkräfte werden, um so rauher ist der Stoff für den Apparat. Auch Samt und Plüsch müssen un-

günstige Glättewerte geben, denn die Unzulänglichkeit unserer Tastorgane wird durch die Objektivität des Apparates korrigiert.

Durch den Vergleich der Wirkung von behaarten Stoffen auf Apparat und Hand kommen wir zu dem Resultat:

Die Glättewerte des Apparates werden im allgemeinen durch die Behaarung ebenso ungünstig beeinflusst wie die der Hand. Bei sehr starker kontinuierlicher Behaarung differieren objektive und subjektive Werte zugunsten der letzteren.

Die gröbere Diskontinuität wird für den Apparat nicht in Betracht kommen. Der Klotz gleitet leicht über die Vertiefungen hin, in die der Finger hineinfällt — für den Klotz muss ein Stoff, der dem Finger rauh erscheint, wie der Stramin, glatt sein. Also: Die Glättewerte des Apparates werden durch die Diskontinuität des Gewebes nicht beeinflusst — im Gegensatz zu den Glättewerten der Hand.

Stellen wir uns den Einfluss der Komprimierbarkeit eines Stoffes auf den Apparat vor. Bei dem stärker komprimierbaren Stoff wird der Klotz tiefer einsinken, höhere Zugkräfte werden nötig sein, um den Wall vor seiner selbstgedrückten Delle zu überwinden, als bei dem weniger komprimierbaren.

Vergleichen wir hiermit den Einfluss der Komprimierbarkeit auf das Gefühl, so müssen wir schliessen:

Die Glättewerte des Apparates werden durch die Komprimierbarkeit eines Stoffes im umgekehrten Sinne beeinflusst, wie die der Hand.

Ich komme nun zur Mitteilung der Resultate in Tabellenform.

Tabelle I.

Schwere des Klotzes in g	Angehängtes Gewicht in g bei															
	Taft	Seide (rauh)	Duchesse	Seiden-Plüsch A	Seiden-Plüsch B	Krepp	Stramin	Kongressstoff	Baumwollsamt	Baumwollflanell	Cheviot	Herrenstoff	Tuch	Satin	Flanell	Trikot
43	12	12	15	30	30	14	7	13	20	27	16	19	14	17	22	30
265	45	40	60	140	140	55	30	45	80	110	50	65	70	70	80	90
710	110	130	—	440	500	170	100	130	340	230	145	200	215	160	235	240
1210	190	240	—	650	770	280	180	200	560	480	250	320	350	250	370	370
1710	270	300	360	750	850	350	270	300	770	650	320	400	450	350	460	550
	Seide.					Baumwolle.					Wolle.					

Betrachten wir zunächst die Zahlenwerte der Tabelle I.

Wie zu erwarten war, steigt mit der Zunahme der Belastung die nötige Zugkraft.

Weiter erkennen wir aus dieser Tabelle, dass die Glättewerte des Apparates von dem Grundmaterial abhängig sind, — so zeigen z. B. die Seidenstoffe durchschnittlich niedrigere Zugkraftswerte als die Wollstoffe.

In Tabelle II sind die Stoffe nach dem Grade ihrer Komprimierbarkeit in harte (Komprimierbarkeit bis 20 %) und weiche Stoffe (Komprimierbarkeit über 20 %) eingeteilt.

Tabelle II.

Harte Stoffe.

(Komprimierbarkeit 0—20 %).

Bezeichnung des Stoffes	Belastung		Komprimierbarkeit in %
	1710 g	43 g	
	Angehängtes Gewicht	Angehängtes Gewicht	
Stramin	270	7	8
Taft	270	12	8
Kongressstoff . .	300	13	15
Tuch	450	14	16
Herrenstoff . . .	400	19	17
Cheviot	320	16	20
Satin	350	17	20

Weiche Stoffe.

(Komprimierbarkeit 20—50 %).

Bezeichnung des Stoffes	Belastung		Komprimierbarkeit in %
	1710 g	43 g	
	Angehängtes Gewicht	Angehängtes Gewicht	
Seide (rauh) . . .	300	12	22
Krepp	350	14	25
Flanell	460	22	27
Duchesse	360	15	33
Samt	770	20	33
Trikot	550	30	34
Baumwollflanell . .	650	27	36
Plüsch A	750	30	50
Plüsch B	850	30	50

Zunächst ist ein Abhängigkeitsverhältnis der nötigen Zugkraft von der Komprimierbarkeit unverkennbar. Die stärker komprimierbaren Stoffe aus gleichem Material zeigen im allgemeinen höhere Zugkraftswerte als die weniger komprimierbaren.

Tabelle III.

I. Harte Stoffe.

	Glatt				Rauh		
	Maximal-belastung	Minimal-belastung	Komprimierbarkeit		Maximal-belastung	Minimal-belastung	Komprimierbarkeit
Tuch	450	14	16 %	Satin	350	17	20 %
Taft	270	12	8 %	Cheviot	320	16	20 %
				Herrenstoff . . .	400	19	17 %
				Kongressstoff . .	300	13	15 %
				Stramin	270	7	8 %

II. Weiche Stoffe.

Duchesse . . .	360	15	33 %	Seide	300	12	22 %
Plüsch B . . .	850	30	50 %	Baumwollflanell .	650	27	36 %
Plüsch A . . .	750	30	50 %	Krepp	350	14	25 %
Samt	770	20	33 %	Trikot	550	30	34 %
				Flanell	460	22	27 %

Teilen wir die zwei Hauptgruppen in je zwei Untergruppen nach dem Gefühl: glatte und rauhe Stoffe, s. Tab. III, so finden wir, dass sowohl die weichen glatten wie die weichen rauhen Stoffe für unser Gefühl vor den harten rauhen und den harten glatten Stoffen rangieren. Der Apparat dagegen zeigt in der Mehrzahl der Fälle höhere Werte unter Gruppe II, d. h. bei den weichen Stoffen.

Unsere Annahme von dem ungünstigen Einfluss der Komprimierbarkeit auf die Glättewerte des Apparates im Gegensatz zu dem günstigen Einfluss auf die Gefühlswerte findet somit ihre Bestätigung.

Entsprechen auch unsere theoretischen Auseinandersetzungen über den Einfluss der Behaarung den Ergebnissen unseres Versuches?

Eine Zusammenstellung aus unserer Tabelle soll darüber orientieren.

Das Tuch, aus einer Unzahl von Härchen bestehend, bedarf bei Maximalbelastung einer stärkeren Zugkraft wie der Cheviot — bei einem Verhältnis ihrer Komprimierbarkeit von 16 % : 20 % verhalten sich bei Maximalbelastung die Zugkräfte wie 450 : 320; der behaartere Stoff ist der rauhere für den Apparat.

Unsere Versuchsergebnisse entsprechen also unserer Voraussetzung von dem ungünstigen Einfluss der Behaarung auf den Apparat und dem Differieren der objektiven und subjektiven Glättewerte bei sehr starker kontinuierlicher Behaarung.

Dass die Diskontinuität eines Stoffes ohne Einfluss auf den Apparat bleibt, zeigen die gleichen Maximalwerte von Stramin und Taft, Stoffe, die bei gleicher Komprimierbarkeit auf das Gefühl so absolut verschieden wirken.

Wir wollen uns jetzt zu den Ergebnissen des Schienenversuches wenden. Ich wiederhole den leitenden Gedanken unserer Versuchsanordnung. Im Gegensatz zum Coulomb-

schen Gesetz wird bei den unregelmässigen Oberflächen unserer Stoffe mit Verkleinerung der reibenden Fläche eine Verkleinerung des Reibungswiderstandes, damit eine Ersparnis an Zugkraft die Glättezunahme eintreten.

Tabelle IV.

Schienenversuch.

Berührende Fläche $^1/_3$ so gross wie in Tabelle I—III. Stoffe nach der Glättezunahme geordnet.

Bei maximaler Belastung			Bei minimaler Belastung		
	Glätte-zunahme in %	Kom-primier-barkeit in %		Glätte-zunahme in %	Kom-primier-barkeit in %
Stramin . . .	0	8	Stramin . .	0	8
Seide (rauh) .	3	22	Plüsch A . .	7	50
Samt	4	34	Flanell . . .	14	27
Kongressstoff .	7	15	Tuch . . .	14	16
Tuch . . .	7	16	Samt . . .	15	33
Taft	7	8	Kongressstoff .	15	15
Herrenstoff . .	8	17	Plüsch B . .	17	50
Satin . . .	9	20	Taft	17	8
Krepp . . .	9	25	Seide (rauh) .	17	22
Flanell . . .	9	27	Herrenstoff .	21	17
Cheviot . . .	13	20	Satin . . .	24	20
Plüsch A . .	13	50	Krepp . . .	29	25
Trikot . . .	18	34	Cheviot . . .	31	20
Plüsch B . .	23	50	Trikot . . .	47	34
Baumwollflanell	31	36	Baumwollflanell	47	36

In der Tabelle sind die Stoffe nach ihrer Glättezunahme bei maximaler und minimaler Belastung geordnet. Die Glättezunahme ist in Prozenten ausgedrückt. Abgesehen vom Stramin, dessen harte, appretierte Fäden den glatten Oberflächen sonst physikalisch auf ihre Reibung untersuchter Körper am nächsten kommen, zeigen sämtliche Stoffe die erwartete Abweichung vom Coulombschen Gesetz.

Ein Vergleich der Glättezunahme bei Maximal- und Minimalbelastung zeigt, dass (mit Ausnahme der beiden Plüschstoffe) die prozentuale Glättezunahme durch Verminderung der Reibfläche bei stärkster Belastung eine bedeutend schwächere ist, wie bei niedrigster Belastung. Daraus scheint hervorzugehen, dass die Natur der Stoffe bei steigendem Druck eine geringere Bedeutung hat — offenbar, weil die stärker komprimierten Stoffe durch Niederdrücken der Haare einander schon so ähnlich geworden sind, dass eine Steigerung des Druckes auf das dreifache daran nicht mehr viel ändert. Dagegen tritt bei niedriger Belastung der Einfluss des pro Quadratzentimeter ungefähr 3 mal grösseren Druckes sehr deutlich hervor. — Manche Einzelangabe der Tabelle bleibt leider noch unverständlich.

Aus den vorstehenden Darlegungen und Versuchsresultaten geht hervor, dass wir unsere Glätteempfindung durch die Werte des Apparates nur dann einigermassen messen können, wenn die Glätteempfindung von Ursachen abhängig ist, die auf Apparat und Hand gleich wirksam sind.

Bei den beiden von Professor Lehmann untersuchten Stoffklassen (glatte weisse dichte Leinen- und Baumwollstoffe) war diese Forderung erfüllt, die Zahl der Fälle, die ebenso günstig liegen, ist keine grosse. Es fehlt also bisher an einem Apparat, der allgemein zu Glättebestimmungen brauchbar ist, dessen Resultate mit den Empfindungen der Hand parallel gehen.

Zunächst wären nun zahlreichere Stoffe mit der von Herrn Professor Lehmann für Leinen und Baumwolle angewendeten Farbstoffadhäsionsmethode zu untersuchen.

* * *

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann, auch an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank auszusprechen für die Überweisung des Themas und das fördernde Interesse, das er an der Arbeit nahm.

Als Tochter des Privatiers Fritz Räntsch wurde ich, Margarete Räntsch, am 18. November 1880 in Berlin geboren. Nach Absolvierung einer höheren Mädchenschule und den von Helene Lange geleiteten Gymnasialkursen legte ich im September 1901 am Königlichen Luisengymnasium zu Berlin die Maturitätsprüfung ab.

Im Verlauf der medizinischen Studien besuchte ich die Universitäten Freiburg i. B., München, Berlin und Würzburg. In Würzburg unterzog ich mich am Ende des Wintersemesters 1903/04 der ärztlichen Vorprüfung, im Winter 1906 der ärztlichen Prüfung. Anfang Januar 1907 erhielt ich die Zulassung zum praktischen Jahr.